

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-100611

(P2002-100611A)

(43) 公開日 平成14年4月5日(2002.4.5)

(51) Int.Cl.⁷
H 01 L 21/3065
B 01 J 19/08
C 23 C 16/52
C 23 F 4/00
H 05 H 1/00

識別記号

F I
B 01 J 19/08
C 23 C 16/52
C 23 F 4/00
H 05 H 1/00
1/46

H 4 G 07 5
4 K 03 0
A 4 K 05 7
A 5 F 00 4
A

テマコード*(参考)

審査請求 未請求 請求項の数26 OL (全14頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-289303(P2000-289303)

(22) 出願日 平成12年9月22日(2000.9.22)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 潤一
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(72) 発明者 橋内 浩之
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置および処理方法

(57) 【要約】

【課題】 プラズマ処理装置の状態変化を正確に捉える監
視システムを提供する。

【解決手段】 試料を処理する処理チャンバ1を有するプ
ラズマ処理装置において、チャンバ内部の処理状態を検
出し複数の出力信号を出力する状態検出手段と、信号フ
ィルタを集めたデータベース10から信号フィルタ選択
手段11により任意の数の信号処理フィルタを取り出し
て構成され任意の数の装置状態信号を生成する信号変換
部9a、9bとを備え、前記信号変換部において前記出
力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記
装置状態信号を生成することを特徴とするプラズマ処理
装置。

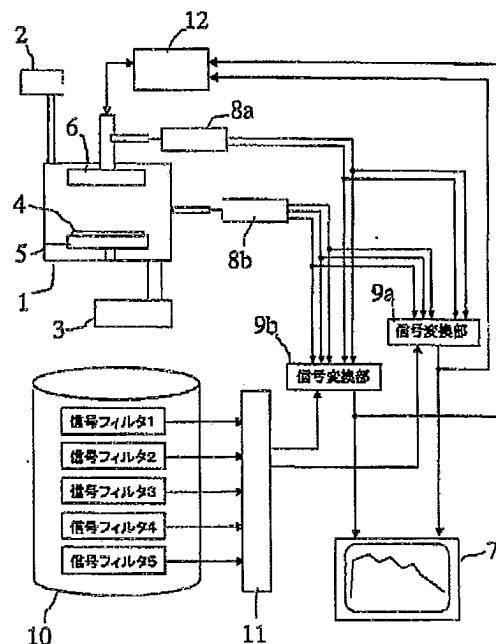


図1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】試料を処理する処理チャンバを有するプラズマ処理装置において、チャンバ内部の処理状態を検出し複数の出力信号を出力する状態検出手段と、信号フィルタを集めたデータベースから信号フィルタ選択手段により任意の数の信号処理フィルタを取り出して構成され任意の数の装置状態信号を生成する信号変換部とを備え、前記信号変換部において前記出力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記装置状態信号を生成することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記装置状態信号を入力として装置の状態を制御する機構を持つことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】請求項 1 のプラズマ処理装置において、プラズマ処理装置は表示器を備え、前記装置状態信号の時間変化を該表示器に表示することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマの発光を波長分解する手段を用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマを含む前記プラズマ処理装置の任意の点の電気的状態を検出する手段を用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】請求項 5 のプラズマ処理装置において、前記電気的状態を表す信号を周波数分解する手段を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記プラズマ発生手段として前記処理チャンバに電力を加える電力供給手段を有する場合に、電力の反射成分を前記状態検出手段として用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記プラズマに光信号を加える手段を有し、前記光信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記プラズマに電気的信号を加える手段を有し、前記電気的信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果を主成分分析して得られた固有ベクトルとすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 11】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果を主成分分析して得られた固有ベクトルを複数個合成したベクトルとすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 12】請求項 1 のプラズマ処理装置において、いくつかの試料の処理の結果を用いて前記データベースを更新することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 13】請求項 12 のプラズマ処理装置において、通常の処理ウエハ以外のダミーと呼ばれる試料をあらかじめ設定された処理シーケンスに則って処理することにより得られたデータを元に前記データベースを更新することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 14】請求項 12 または請求項 13 のプラズマ処理装置において、前記データベースの更新状況を監視する機構を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 15】請求項 1 のプラズマ処理装置において、ある状態検出手段はデータベース作成後に動作を停止する、あるいは装置から取り除かれることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 16】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記データベースを外部との通信により取得あるいは更新することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 17】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタが番号あるいは名前あるいは記号などのタグを持ち、前記タグにより前記信号フィルタを一つ以上選択する手段を備え、前記選択された信号フィルタで構成される前記信号変換部の前記装置状態信号を表示あるいは出力あるいは装置制御に用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 18】請求項 1 のプラズマ処理装置において、あらかじめ定義されたいくつかの装置の状態のリストを有し、前記装置状態信号を用いて前記装置状態リストから一つの状態を選ぶ機構を有し、前記装置の状態を表示あるいは出力することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 19】請求項 1 のプラズマ処理装置において、前記装置の状態に応じて出力あるいは表示する装置状態信号の数を変化させることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 20】請求項 1 のプラズマ処理装置において、プラズマ製造装置外部からの要求に応じて出力する装置状態信号の数を変化させることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 21】請求項 1 のプラズマ処理装置において、各装置状態信号が満たすべき規定の範囲などの条件が設定され、前記条件を満たすか満たさないかにより装置の掃除を行う、あるいは部品交換する、あるいは試料の処理を開始するなどの装置の運用状態を変更する判断機構を備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 22】請求項 21 のプラズマ処理装置において、要求する加工精度の異なる種類の試料を一つの前記プラズマ処理装置で処理する場合に、前記装置状態信号が前記条件を満たすか満たさないかによって処理できる試料の種類を選択する手段を備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項23】請求項1から請求項22のいずれかに記載のプラズマ処理装置を用いて試料を製造することを特徴とする試料製造システム。

【請求項24】請求項1から請求項22のいずれかに記載のプラズマ処理装置を用いて試料を加工することにより作成されたことを特徴とする半導体デバイス。

【請求項25】請求項1から請求項22のいずれかに記載のプラズマ処理装置を用いて試料を加工することにより作成されたことを特徴とするLCD装置。

【請求項26】処理チャンバと、前記処理チャンバに処理ガスを供給する手段と、前記処理チャンバ中にプラズマを生成する手段とを有するプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、
状態検出手段により前記チャンバ内部の処理状態を検出し複数の出力信号を出力し、
信号フィルタを集めたデータベースから信号フィルタ選択手段により任意の数の信号処理フィルタを取り出して構成された信号変換部により、任意の数の装置状態信号を生成し、
前記信号変換部において前記出力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記装置状態信号を生成することを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ生成機構を備えたプラズマ処理及びプラズマ処理方法に係り、特に、半導体素子の微細加工に好適な半導体製造装置およびLCD装置などのプラズマによる加工装置及び加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】年々半導体素子の加工は微細化しており、加工の寸法精度に対する要求も厳しくなっている。一方、プラズマを用いて処理ガスを分解し半導体ウエハを物理化学的に加工するプラズマ処理装置では、装置内部で生成される堆積性のある反応生成物などが装置のプラズマチャンバの内壁に付着して残留し、ウエハの処理状態を実質上変化させてしまうことがしばしばある。このためウエハの処理を何枚も重ねるにつれて、装置の入力を同一条件に固定しているにも関わらず、半導体素子の加工形状などが変わってしまい、安定した生産が行えないという問題がある。

【0003】この問題に対応するために、通常はチャンバ内壁の付着物を除去するプラズマによってクリーニングしたり、チャンバ壁の温度を調節して付着物が付き難くするなどの対策が行われている。しかし、このような手法のほとんどはウエハの加工状態を完全に一定の条件に保つのに十分ではなく、ウエハの加工状態は徐々に変化し続ける。そして、加工形状が問題となるほど変わる前にプラズマ処理装置を分解して部品交換をするか、液体や超音波を用いた洗浄が行われる。ウエハの加工状態

が変動する原因にはこのような内部に付着する堆積膜以外にも、処理系の温度など様々な要因の変動が関与する。したがって、プラズマ処理装置内部の処理状態の変化を検出し、検出結果によりクリーニングなどの対策をとったり、検出結果をプラズマ処理装置の入力にフィードバックして処理状態を一定に保つなどの工夫がなされてきた。

【0004】このようなプラズマ処理の変動を監視する方法は、例えば特開平10-125660号公報に開示されている。この開示例では、プラズマ処理特性と装置の電気信号の関係式を用いて装置性能を予測したり、プラズマの状態を診断する方法が示されている。その方法としては、3つの電気信号と装置のプラズマ処理特性との関係を表す近似式を重回帰分析求める方法が開示されている。またもう一つの例が特開平11-87323号公報に開示されている。この開示例では、既存の複数の検出器を取り付けた一般的な検出システムをプラズマ処理装置に当てはめ、その検出信号の相関信号から装置の状態を監視する方法が示されている。その相関信号を生成する方法としては、6つの電気信号の比による計算式が開示されている。またもう一つの開示例が、米国特許第5658423号明細書にある。この開示例では、光や質量分析器の数多くの信号を取り込んで相関信号を生成し装置の状態を監視する方法が示されている。この相関信号を生成する方法としては主成分分析を用いる方法が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平10-125660号公報の方法では、多数ある処理条件の内いくつかの入力値を変化させたマップ上での3つの電気信号と処理特性の関係の近似式を重回帰分析を用いて導いており、処理特性を測定しなければならないウエハの枚数が多すぎるため実際の運用が難しい。さらに考慮されなかったプラズマの入力値が変動したときは、立てられたモデル式は無効となる上に、ウエハの処理を重ねるにつれて連続的に変化していく堆積膜のような観測困難な内部条件に依存する処理特性をモデル式に採り入れるには膨大な数の処理特性の取得実験を要し、実際の運用がきわめて困難である。

【0006】さらに、特開平11-87323号公報の方法は、よく知られた複数の検出手段からの複数の検出信号の相関をとった信号を診断に用いると言った一般的な方法であるが、開示された相関をとる方法もいくつかの信号の比をとるという従来の手法であり、多くの変動原因に応じて多様な状態を取るプラズマ処理装置の状態を正確に監視するシステムの具体的実現手段を見出すことは困難である。

【0007】これとは異なり、米国特許第5658423号明細書では装置からモニタした多量のデータを主成分分析して装置状態の変動を捉えることにより多様なプラズマ

の状態を監視する方法を提供している。しかしこの開示例から、様々なデバイス構造を持つウエハを様々な条件で処理する実際のプラズマ処理装置での有効な実施方法を見出すにはさらに工夫が必要である。

【0008】本発明の目的は、処理条件や試料の累積処理枚数などによって複雑多様な状態を持つプラズマ処理装置を多数の検出信号によって監視し、この多数の検出信号から監視可能な少数の有効な情報を自動的に抽出する手段を提供することにより、運用が容易なプロセスマニタ方法およびそれを備えるプラズマ処理装置および半導体素子やLCD装置などのプラズマによる微細加工を用いたデバイスの製造方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的は、試料を処理する処理チャンバを有するプラズマ処理装置において、チャンバ内部の処理状態を検出し複数の出力信号を出力する状態検出手段と、信号フィルタを集めたデータベースから信号フィルタ選択手段により任意の数の信号処理フィルタを取り出して構成され任意の数の装置状態信号を生成する信号変換部とを備え、前記信号変換部において前記出力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記装置状態信号を生成することを特徴とするプラズマ処理装置によって達成される。

【0010】また、上記のプラズマ処理装置において、前記装置状態信号を入力として装置の状態を制御する機構を持つことにより達成される。

【0011】また、上記のプラズマ処理装置において、前記装置状態信号の時間変化を前記表示器に表示することにより達成される。

【0012】また、上記のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマの発光を波長分解する手段を用いることにより達成される。

【0013】また、上記のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマを含む前記プラズマ処理装置の任意の点の電気的状態を検出する手段を用いることにより達成される。

【0014】また、上記のプラズマ処理装置において、前記電気的状態を表す信号を周波数分解する手段を有することにより達成される。

【0015】また、上記のプラズマ処理装置において、前記プラズマ発生手段として前記処理チャンバに電力を加える電力供給手段を有する場合に、電力の反射成分を前記状態検出手段として用いることにより達成される。

【0016】また、上記のプラズマ処理装置において、前記プラズマに光信号を加える手段を有し、前記光信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることにより達成される。

【0017】また、上記のプラズマ処理装置において、前記プラズマに電気的信号を加える手段を有し、前記電

気的信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることにより達成される。

【0018】また、上記のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果を主成分分析して得られた固有ベクトルとすることにより達成される。

【0019】また、上記のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果10を主成分分析して得られた固有ベクトルを複数個合成したベクトルとすることにより達成される。

【0020】また、上記のプラズマ処理装置において、いくつかの試料の処理の結果を用いて前記データベースを更新することにより達成される。

【0021】また、上記のプラズマ処理装置において、通常の処理ウエハ以外のダミーと呼ばれる試料をあらかじめ設定された処理シーケンスに則って処理することにより得られたデータを元に前記データベースを更新することにより達成される。

20 【0022】また、上記のプラズマ処理装置において、前記データベースの更新状況を監視する機構を有することにより達成される。

【0023】また、上記のプラズマ処理装置において、ある状態検出手段はデータベース作成後に動作を停止する、あるいは装置から取り除くことにより達成される。

【0024】また、上記のプラズマ処理装置において、前記データベースを外部との通信により取得あるいは更新することにより達成される。

【0025】また、上記のプラズマ処理装置において、30前記信号フィルタが番号あるいは名前あるいは記号などのタグを持ち、前記タグにより前記信号フィルタを一つ以上選択する手段を備え、前記選択された信号フィルタで構成される前記信号変換部の前記装置状態信号を表示あるいは出力あるいは装置制御に用いることにより達成される。

【0026】また、上記のプラズマ処理装置において、あらかじめ定義されたいいくつかの装置の状態のリストを有し、前記装置状態信号を用いて前記装置状態リストから一つの状態を選ぶ機構を有し、前記装置の状態を表示あるいは出力することにより達成される。

【0027】また、上記のプラズマ処理装置において、前記装置の状態に応じて出力あるいは表示する装置状態信号の数を変化させることにより達成される。

【0028】また、上記のプラズマ処理装置において、プラズマ製造装置外部からの要求に応じて出力する装置状態信号の数を変化させることにより達成される。

【0029】また、上記のプラズマ処理装置において、各装置状態信号が満たすべき規定の範囲などの条件が設定され、前記条件を満たすか満たさないかにより装置の50掃除を行う、あるいは部品交換する、あるいは試料の処

理を開始するなどの装置の運用状態を変更する判断機構を備えることにより達成される。

【0030】また、上記のプラズマ処理装置において、要求する加工精度の異なる種類の試料を一つの前記プラズマ処理装置で処理する場合に、前記装置状態信号が前記条件を満たすか満たさないかによって処理できる試料の種類を選択する手段を備えることにより達成される。

【0031】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施例を図面に従って説明する。図1に本発明の第一の実施例を示す。図1は監視システムを備えたプラズマ処理装置を図示したものである。処理チャンバ1内には処理ガスを供給するガス供給手段2と、処理ガスを排気し処理チャンバ内の圧力を制御する機能を持つガス排気手段3が備えられている。さらに処理チャンバ内には処理対象の試料4を支持する試料台5が設置されており、また処理チャンバ内にプラズマを生成するためのプラズマ生成手段6が備えられている。なお、半導体製造装置では試料4はウエハであり、LCD製造装置では試料4はLCD装置である。

【0032】このプラズマ処理装置に、装置状態検出手段8aおよび8bを設置する。状態検出手段8aは、例えばプラズマ生成手段6に電力を加える経路に設置された電流検出器または電圧検出器である。あるいはまた、電流電圧位相差検出器または電力の進行波検出器または反射波検出器またはインピーダンスモニタなどである。電力が交流で供給される場合には、状態検出器8aは検出した電流や電圧をフーリエ変換して周波数ごとに分解された数個から十数個程度の信号を生成して出力する機構を備えていると良い。状態検出器8aのような電気的状態の検出器の設置場所は、図示されたようなプラズマ生成手段6のほかに試料台5や処理チャンバ5に設置されていてもよいし、処理チャンバ5内部にプラズマプローブを挿入し、その出力に結合してもよい。

【0033】状態検出手段8bは、処理チャンバ1内にプラズマ生成手段6によって生成されるプラズマからの発光を検出する分光器である。状態検出手段8bはモノクロ*

$$z = \sum_{i=1}^{1000} (s_i * f_i)$$

【0037】信号変換部9aと信号変換部9bは異なるフィルタベクトルを持つので異なる出力信号を生成する。系には信号フィルタを蓄積することが可能なデータベース10が備わっているが、この実施例ではデータベースに保存されるのはフィルタベクトルである。さらに系は、信号変換部9aおよび9bにデータベース10から信号フィルタを選び出し設定する信号フィルタ選択手段11を持つ。信号フィルタの交換はウエハ上の加工状態が変わることなどに行う。例えばエッティング装置で言えば、ゲートエッティング、メタルエッティング、絶縁膜エッティングなどウエハ上の加工される膜種ごとに信号フィルタを交換

*メータのような単一波長の光を取り出す検出器でもよいが、波長分解された発光スペクトルを出力する分光器のように多数の信号を出力する検出器であるのが最適である。分光器の出力の発光スペクトルは、各波長での光の強度で数百チャンネルから数千チャンネルに及ぶ大量の信号である。

【0034】状態検出手段は、これまでに説明した上記以外の手段でも良い。たとえば、ガス供給手段に設置されたガス流量計であってもよいし、処理チャンバに設置

10 された質量分析器などであってもよい。さらに状態検出手段は、レーザー誘起蛍光法や赤外吸収法などの処理チャンバに外部から光を導入し、プラズマを通過あるいは反射した前記の光の状態変化を検出する手段であってもよい。さらに、状態検出手段はアクティブプローブのような外部から電気信号を加えその応答を検出するような手段であってもよい。これらの状態検出手段は、一定間隔の時間あるいは設定されたいくつかのサンプリング時間ごとに装置の状態を示す信号を出力する。

【0035】状態検出手段8aおよび8bからの出力信号20 は、それぞれ信号変換部9aと9bに入力される。信号変換部9aと9bは、状態検出手段8aと8bから送られてくる多数の信号を一つの信号に変換して出力する機能を持つ。信号変換部の出力は1つ以上であっても良いが、入力信号の数より少ないほど良い。例えば、状態検出手段から信号変換部に入力する信号が全部で1000個あったとして、これらを一つの入力信号ベクトルsにまとめて

$$s = [s_1, s_2, \dots, s_{1000}]$$

と記述する。このときに、信号フィルタを表すフィルタベクトルfが

30 $f = [f_1, f_2, \dots, f_{1000}]$ と定義されているとする。このとき信号変換部は入力信号ベクトルsとフィルタベクトルfの内積を計算して一つの出力信号zを計算することにより動作する(式1)。

【0036】

【数1】

式1

40 する。通常は一つの装置は一つの膜種のウエハを加工することが多いが、同じ膜種でもデバイス構造ごとに処理条件が異なり、異なる処理条件ごとに信号フィルタを交換しても良い。さらに一枚のウエハを処理する処理条件が多段階に分かれている場合があり、各処理段階ごとに信号フィルタを交換してもよい。またウエハの処理間に行われるクリーニングやエージングのプロセスの場合にも信号フィルタを交換してもよい。

【0038】ここでは信号変換部の出力信号を装置状態信号と呼ぶ。装置状態信号は時々刻々出力されるので、備えられた表示器7にその時間変化のグラフを表示し、

装置の使用者が装置の状態の変化を確認することができるようにするとよい。また装置状態信号は装置の処理条件である圧力や電力などを制御する制御器12にフィードバックされ、装置の状態が変化したときに装置の状態を制御器が自動的に調節するような機構を備えていてもよい。制御器には、リアルタイムに処理条件を調節しても良いし、試料ごとに徐々に処理条件を調節しても良い。

【0039】次に、信号フィルタの作成方法を示す。信号変換部の入力信号は数個であることもあるが、前記のように発光スペクトルなどを入力に採る場合には数百から数千の入力信号となる。このような多数の信号を処理*

*するフィルタベクトルの個々の成分を人が一つ一つ考えて決めるのは現実的でない。したがって信号フィルタの生成には主成分分析を用いる。主成分分析は統計処理の一般的な手法であり、例えば「多変量解析法、奥野他著、日科技連出版社(1971年)」などに具体的な計算手法が記されている。前記入力信号がn個ある入力信号ベクトルsを行にとり、m個の取得された入力信号ベクトルを列の方向に重ねていくと式2のようなm行n列の信号行列Sが得られる。

【0040】

【数2】

$$S = \left\{ \begin{array}{c} \text{一番目の信号ベクトル} \\ \left(\begin{array}{cccc} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & S_{m3} & \dots & S_{mn} \end{array} \right) \\ \text{m番目の信号ベクトル} \end{array} \right\} \quad \text{式2}$$

【0041】つぎに信号行列Sの相關行列あるいは共分散行列Xを作成し、n行n列の対称行列であるXの固有値解析を行うとn個の正の実数の固有値 $|\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n|$ と各固有値に対応するn個の固有ベクトル $|y_1, y_2, \dots, y_n|$ が得られる。この際、固有値は値が大きい順に $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_n$ と並べることとする。

【0042】固有ベクトル y はそれぞれn行の一次元ベクトルである。この固有ベクトルを前記のフィルタベクトル f として用い、式1の計算をすることにより n個の入力信号を一つの装置状態信号に変換する信号フィルタとなる。発光スペクトルを入力信号にした場合を例にとって固有ベクトルの意味を示す。発光スペクトルはプラズマ中のプラズマの状態や処理チャンバ内に存在する各種の原子や分子の状態を示す。各原子や分子はそれぞれ固有の波長に対応する発光ピークを出す。数百から数千チャンネルある発光スペクトルデータは数十以上の多量の発光ピークを有することが多く、従来はいくつかの発光ピークを選んでピークの高さの時間変化を監視していた。主成分分析を用いた固有ベクトルによる信号フィルタでは相関の強い発光ピークをまとめる効果があるため、信号の変動に対する感度が高く、式1により多数

の信号データの積算が行われるためノイズ成分が減少するという利点もある。

【0043】相関のある発光をまとめるというのは例えば化学反応を捉えることにもつながる。たとえば、SiをHBrでエッティングする場合には、 $Si + Br \rightarrow SiBr$ という反応がSi表面で起こるため、気相中のBrが減少しSiBrが増加する。つまり数多くあるBrの発光ピークが下がり、SiBrの発光ピークが上がるという現象が起こるが、この二つのピークの増減は相関が強いので主成分分析では同じ固有ベクトルに捉えられる。

【0044】実際の処理で得られたこの固有ベクトルの例を図2に示す。実際にはこのような固有ベクトルの意味付けが多くの場合可能であるが、場合によってはいくつかの固有ベクトルを合成したベクトルの方が物理化学的な意味が明確になることがある。

【0045】式3に二つの係数 α_i と α_j を用いて固有ベクトル y_i と y_j を合成し新しいフィルタベクトル f_x を合成する一例を示す。

【0046】

【数3】

$$f_x = \alpha_i y_i + \alpha_j y_j$$

式3

【0047】合成は、式3のような二つの固有ベクトルに限らず、任意の個数の固有ベクトルを合成できる。信号フィルタは必ずしも固有ベクトルである必要は無く、監視する物理現象と関連が深いと推定される任意の形のベクトルを用いても良い。

【0048】本発明の第二の実施例を図3で示す。図3はデータベースを更新するシステムを表したもので図1の関係する部分を抽出してある。状態検出手段8aおよび8bからの出力を主成分分析部13に入力し、主成分分析部13は前記の主成分分析の結果として固有ベクトルを出力する。出力された固有ベクトルはそのまま信号フィルタとしてデータベースに保存されても良いが、前記のように混合などの処理をする場合にはフィルタ生成部14に入力される。フィルタ生成部14では前記の式3などを用いてフィルタベクトルを生成し、データベース10を更新あるいは追加する。

【0049】信号行列Sに用いるm個の信号データのサンプリングの仕方は目的に応じて色々考えられる。例えば、図4に示すように、一枚のウエハを処理中の或る特定のサンプリング点15にデータを取得し、これを多数のウエハで行い、ウエハ間での変動を信号行列16に取り込むことが考えられる。または一枚のウエハを処理中のある特定の時間区間に複数のデータを取得し、これをいくつかのウエハで行って得た信号行列Sを用いてもよい。また、通常ウエハは何枚かが組みになったロット単位で処理されるが、各ロットの中の、特定のウエハの特定の区間の、信号を取得して信号行列Sを生成してもよい。

【0050】主成分分析は変動の大小によって固有ベクトルが決まるので、観測したい変動をうまく取り出すに適したサンプリング点の時間分布を設定することが重要となる。例えば、数秒に一回あるいはそれ以上のレートで状態検出手段から信号が输出されるときに、ウエハの処理の最初から終わりまでの間に得られる全データを信号行列Sに取り込むと、プラズマの着火や消失、異なる処理条件を持つ処理ステップ間での大きな状態の変化が固有ベクトルに取り込まれてしまい、一つの処理ステップの間に生じる微小だが重要な変動などが捉えにくくなることがある。このような場合、多くのウエハ処理の中から、同じ処理を行うウエハの同じプロセスステップのデータのみを信号行列Sに取り込むと長期にわたる処理の微小な変動が捉えられる。また、実際に製品となるウエハ以外にもダミーウエハと呼ばれる検査用のウエハの処理が入ることがある。このダミーウエハを用いて、ある設定したシーケンスに従って処理条件のいくつかを意図的に変動させ、同時に状態検出手段からの信号を多数サンプリングする。これにより意図的に与えた変動に対する処理系のレスポンスを表す信号行列Sを作成し、信号フィルタを作成する。これにより変動要因を明確に表す信号フィルタを作成することができる。

【0051】さらにこのデータベースの更新状況を監視することにより装置の状態の変化を検出することも可能である。例えば、一番大きな固有値に対応する第一固有ベクトルの形状の変化を監視すれば良い。

【0052】また、信号フィルタを生成するために特別な状態検出手段を設置することもある。例えば、プラズマ処理装置の製造メーカーが出荷前に発光分光器と質量分析器の両方を一つのプラズマ処理装置に設置し、図5に示すように発光スペクトルと質量分析器の出力信号を並べたものを信号ベクトルとして信号行列17を生成し、これを主成分分析することにより信号フィルタ18を生成し、データベースに保存する。主成分分析結果の固有ベクトルから生成される一つの信号フィルタに含まれる信号パターンは互いに強い相関を持って変動するため、前記の信号フィルタの発光スペクトルに対応する部分は、同じ信号フィルタの質量分析器出力の部分が示す物理化学現象を表す。これは、いくつかの種類の分子のように発光スペクトルよりも質量分析の方がガス組成の特定が容易な場合に有効である。プラズマ処理装置は質量分析器をはずして出荷され、実際の製造ラインでの信号行列19の質量分析器の部分はゼロにして動作させる。これにより質量分析器が付いていなくてもあたかも質量分析器が付いているかのような装置状態信号20を得られる。このように本発明のような実装の信号フィルタを使えば、仮想測定器（バーチャル インstrument）の実装も容易にできる。

【0053】また、プラズマ処理チャンバの内壁での表面反応などはその機構がわかりにくく信号フィルタの意味がとりにくことがあるが、このようなときに分子動力学などの数値解析法により表面反応を解析して表面反応の特性をデータベース化しておき、信号フィルタの意味付けに活用してもよい。

【0054】これまでの例のように、信号フィルタを装置内部で生成しなくとも、プラズマ処理装置が外部との通信手段を持っていて、適宜外部から信号フィルタのデータベースを更新する形態もある。これは半導体製造装置の集中管理センターのようなところから装置を制御するような生産形態に向いている。

【0055】このように信号フィルタに意味付けがなされると、例えば図6のような信号フィルタと意味の対応表ができる。図6の例は、ウエハ上のシリコンの層をHBrガスを含む処理ガスでエッチングする場合に得られる対応表である。

【0056】次の実施例として、信号の意味付けがなされているときの装置のインターフェースの一例を図7に示す。ここでは信号フィルタの意味を装置の状態と言い直す。装置の使用者は各信号フィルタの意味あるいは装置の状態が表示された表示器21a, 21b, 21c, 21dの表示を見て監視しようとする現象を選び、対応するチェックボックス22a, 22b, 22c, 22dから監視する信号フィルタ

を選択すると各信号フィルタからの装置状態信号の時間変化が表示器23に表示できるようになっている。このようなインターフェースにより選択した装置状態信号を図1のような形態で装置制御器12にフィードバックするようにしても良い。

【0057】複数の装置状態信号によって一つの装置の状態が表される場合もある。例えば、信号フィルタ1と信号フィルタ2を合わせると処理チャンバの壁の状態を反映し、信号フィルタ2と信号フィルタ4を合わせるとウエハの処理状態を表す場合、装置状態信号を各グループに分けて図7のような選択インターフェースを適用しても良い。

【0058】また、図7のような手動のインターフェースの代わりに、装置状態信号に応じて自動的に表示する信号フィルタを選択してもよい。

【0059】もう一つの実施例を図8により示す。図8は図1に示したプラズマ処理装置の遠隔監視システムを示したものである。装置状態にはいくつかのレベルが設定されており、例えば、通常の処理状態ではレベル1で装置状態信号1だけが遠隔監視装置24に送られている。遠隔監視装置24が装置状態信号1に異常を検知すると装置をレベル2に設定し、装置状態信号2も送信するように指示する。装置状態信号1と装置状態信号2で装置の状態を把握しきれないときには装置をレベル3に設定し、信号フィルタ自体を含むより多くの信号の送信を要求する。最終的に装置の異常の詳細な分析が必要なときには全装置状態信号と全信号フィルタを送信するように指示する。

【0060】遠隔監視装置は異常の種類を特定した段階で装置が停止するように指示しても良いし、処理チャンバの汚れがひどいと判断したときにはクリーニングの必要性を装置に通知しても良い。図1の装置は処理条件の非公開などのためにセキュリティレベルを設定して遠隔監視装置からのあるレベル以上のデータ送信要求を拒否するようにしてもよい。

【0061】本発明のもう一つの実施例を図9により示す。プラズマ処理装置は処理チャンバの内部が次第に汚れていくために一定の枚数のウエハを処理すると装置を分解して部品の交換やウェットクリーニングを実施する。ウェットクリーニング後は装置の組みあがり状態が悪かったり、処理チャンバの内壁の状態が洗浄液や大気のために安定していないため、処理チャンバの安定化作業を行う。本発明による装置状態信号は固有値によりその変動の大きい順に並んでいるために装置が徐々に安定化していく判定に用いることが容易である。例えば図9のフローチャートのように数枚のウエハを処理して装置状態信号1が規定の範囲に入らない場合には状態の変動つまり異常の程度が大きく、リーケや部品の組み立てミスなどが考えられるため組み立て状況をチェックする。

【0062】また、次の装置状態信号2が規定の範囲に

入らない場合には、例えばウェット洗浄液の拭き残しが多いなどの理由が考えられる場合には拭き残しをチェックする。これらの検査を通過すると、例えば装置状態信号3が或る規定範囲内に入るまで壁の状態を安定化させるためにダミーウエハのプラズマ処理ステップを繰り返して処理チャンバ内壁の安定化をおこなう。設定された装置状態信号が全て規定範囲内に入ったときに安定化処理を終了し、異物のチェックや製品ウエハの処理を始める。または、いくつかの異なる加工精度を要求するウエハがあったときに、装置状態信号1から装置状態信号3までが規定範囲内に入ったら加工精度が低くてもよいウエハの処理を開始し、処理中に例えば装置状態信号4以上の値を監視しつづけて規定範囲内に入ったらより高い加工精度を要求するウエハの処理が可能であることを通知するシステムとなっていてもよい。

【0063】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、試料を処理する処理チャンバを有するプラズマ処理装置において、チャンバ内部の処理状態を検出し複数の出力信号を出力する状態検出手段と、信号フィルタを集めたデータベースから信号フィルタ選択手段により任意の数の信号処理フィルタを取り出して構成され任意の数の装置状態信号を生成する信号変換部とを備え、前記信号変換部において前記出力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記装置状態信号を生成するプラズマ処理装置としたため、プラズマ装置から多数の信号を取り出し、これらを少数の有効な装置状態信号に変換することができ、正確にかつ容易に処理状態の変化を監視することができる。

【0064】また、上記のプラズマ処理装置において、前記装置状態信号を入力として装置の状態を制御する機構を持つことにより、装置の処理状態の変化を補正して一定の処理を行うことができる。

【0065】また、上記のプラズマ処理装置において、前記装置状態信号の時間変化を前記表示器に表示することにより、使用者が一目で装置の状態変化を監視することができる。

【0066】また、上記のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマの発光を波長分解する手段を用いることにより、波長分解された大量の発光スペクトルデータにより正確に装置を監視することができる。

【0067】また、上記のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマを含む前記プラズマ処理装置の任意の点の電気的状態を検出する手段を用いることにより、処理プラズマの電気的状態を監視することができる。

【0068】また、上記のプラズマ処理装置において、前記電気的状態を表す信号を周波数分解する手段を有することにより、プラズマの電気的状態をより高精度に監

視できる。

【0069】また、上記のプラズマ処理装置において、前記プラズマ発生手段として前記処理チャンバに電力を加える電力供給手段を有する場合に、電力の反射成分を前記状態検出手段として用いることにより、プラズマの電気的状態を監視できる。

【0070】また、上記のプラズマ処理装置において、前記プラズマに光信号を加える手段を有し、前記光信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることにより、処理チャンバ内のガス分子の組成や壁上の堆積膜の状態をモニタできる。

【0071】また、上記のプラズマ処理装置において、前記プラズマに電気的信号を加える手段を有し、前記電気的信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることにより、プラズマの分布や電気的状態を監視できる。

【0072】また、上記のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果を主成分分析して得られた固有ベクトルとすることにより、大量の監視データから自動的に変動の大きさに応じた信号フィルタを生成でき、監視する信号の数を減らして容易にことができる。

【0073】また、上記のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果を主成分分析して得られた固有ベクトルを複数個合成したベクトルとすることにより、物理化学的に意味の明瞭な信号フィルタを作成でき、装置状態信号の意味がわかりやすく変動の原因の対策などが容易になる。

【0074】また、上記のプラズマ処理装置において、いくつかの試料の処理の結果を用いて前記データベースを更新することにより、各プラズマ処理装置の微妙な違いに応じた専用の信号フィルタが生成でき、装置の微妙な変動が監視できる。

【0075】また、上記のプラズマ処理装置において、通常の処理ウエハ以外のダミーと呼ばれる試料をあらかじめ設定された処理シーケンスに則って処理することにより得られたデータを元に前記データベースを更新することにより、変動原因の明確な信号フィルタを作り出すことができる。

【0076】また、上記のプラズマ処理装置において、前記データベースの更新状況を監視する機構を有することにより、装置の状態の変化が監視できる。

【0077】また、上記のプラズマ処理装置において、ある状態検出手段はデータベース作成後に動作を停止する、あるいは装置から取り除くことにより、通常の生産ラインでは使用しにくい状態検出手段と等価な信号フィルタを使った状態検出が可能になる。

【0078】また、上記のプラズマ処理装置において、

前記データベースを外部との通信により取得あるいは更新することにより、装置の遠隔診断ができる。

【0079】また、上記のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタが番号あるいは名前あるいは記号などのタグを持ち、前記タグにより前記信号フィルタを一つ以上選択する手段を備え、前記選択された信号フィルタからの前記装置状態信号を表示あるいは出力あるいは装置制御に用いることにより、容易に信号フィルタを選択した自由度の高い監視を行うことができる。

10 【0080】また、上記のプラズマ処理装置において、あらかじめ定義されたいくつかの装置の状態のリストを有し、前記装置状態信号を用いて前記装置状態リストから一つの状態を選ぶ機構を有し、前記装置の状態を表示あるいは出力することにより、使用者の熟練の度合いによらず誰にでも装置の状態が明確にわかるようになる。

【0081】また、上記のプラズマ処理装置において、前記装置の状態に応じて出力あるいは表示する装置状態信号の数を変化させることにより、異常のないときに必要以上の監視をする必要がなく、必要なときに必要な数20だけの装置状態信号を監視することができ、効率良く正確な監視が行える。

【0082】また、上記のプラズマ処理装置において、プラズマ製造装置外部からの要求に応じて出力する装置状態信号の数を変化させることにより、遠隔監視装置から装置現場の使用者がチェックすべき信号を指定できるようになる。

【0083】また、上記のプラズマ処理装置において、各装置状態信号が満たすべき規定の範囲などの条件が設定され、前記条件を満たすか満たさないかにより装置の30掃除を行う、あるいは部品交換する、あるいは試料の処理を開始するなどの装置の運用状態を変更する判断機構を備えることにより、装置の洗浄後の立ち上げが無駄なくスムーズに行えるようになる。

【0084】また、上記のプラズマ処理装置において、要求する加工精度の異なる種類の試料を一つの前記プラズマ処理装置で処理する場合に、前記装置状態信号が前記条件を満たすか満たさないかによって処理できる試料の種類を選択する手段を備えることにより、装置洗浄後により早く装置を製品の処理に使えるようになる。

40 【画面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一つの実施例を表す模式図である。

【図2】 本発明の信号フィルタとなる固有ベクトルを表すグラフである。

【図3】 本発明のもう一つの実施例を表す模式図で図1の一部分である。

【図4】 本発明のもう一つの実施例を表す信号フィルタ生成のためのデータサンプリング方法を表すタイムシーケンスの図である。

【図5】 本発明のもう一つの実施例での信号行列と信号フィルタの生成法をあらわす図である。

50

【図6】 本発明のもう一つの実施例での信号フィルタとその意味の対応を表す表である。

【図7】 本発明のもう一つの実施例でのユーザーインターフェースである。

【図8】 本発明のもう一つの実施例での遠隔診断方法を表す模式図である。

【図9】 本発明のもう一つの実施例を表すフローチャートである。

【符号の説明】

1・・・処理チャンバ、2・・・ガス供給手段、3・・・ガス排気手段、4・・・試料、5・・・試料台、6・

7・・・表示器、8a・・・状態検出手段、8b・・・状態検出手段、9a・・・信号変換部、9b・・・信号変換部、10・・・信号フィルタ・データベース、11・・・信号フィルタ選択手段、12・・・制御器、13・・・主成分分析部、14・・・信号フィルタ生成部、15・・・データサンプリング点、16・・・信号行列S、17・・・信号行列S、18・・・意味付き信号フィルタ、19・・・信号行列S、20・・・装置状態信号、21・・・信号フィルタ意味表示器、22・・・チェックボックス、23・・・装置状態表示器、24・・・遠隔監視装置

【図1】

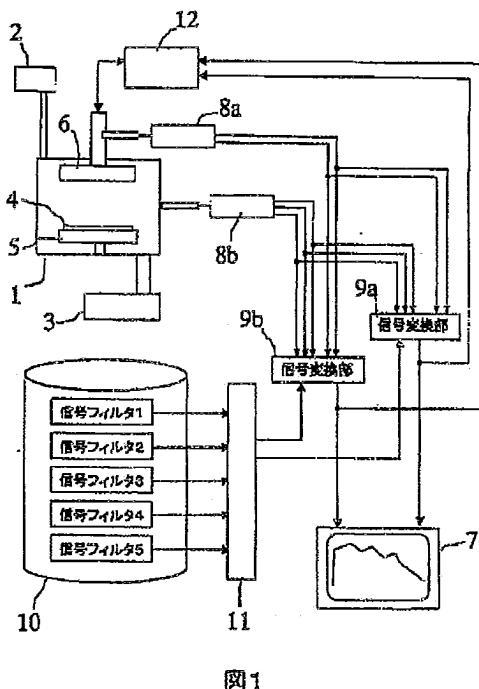


図1

【図2】

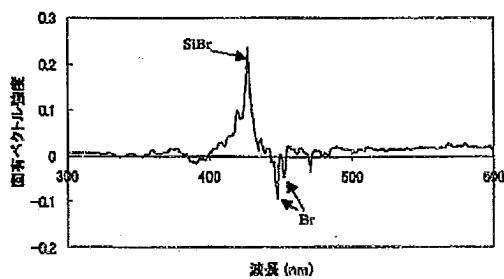


図2

【図3】

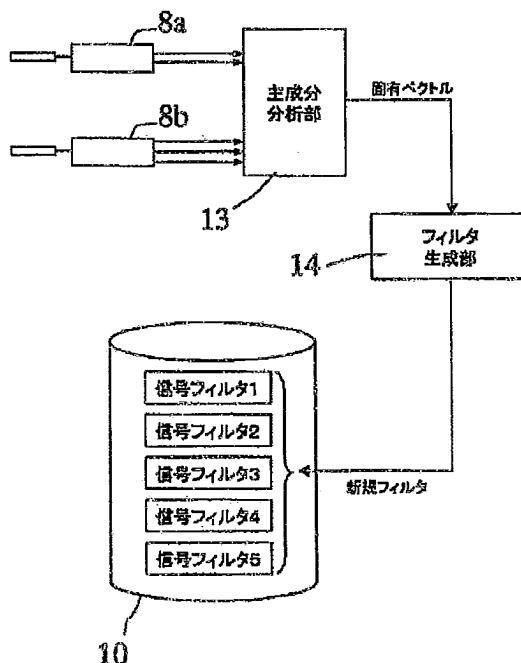


図3

第一信号フィルタ \leftrightarrow プラズマ密度
 第二信号フィルタ \leftrightarrow HBrの解離
 第三信号フィルタ \leftrightarrow BrとSiの表面反応
 第四信号フィルタ \leftrightarrow HとBrの比

図6

【図4】

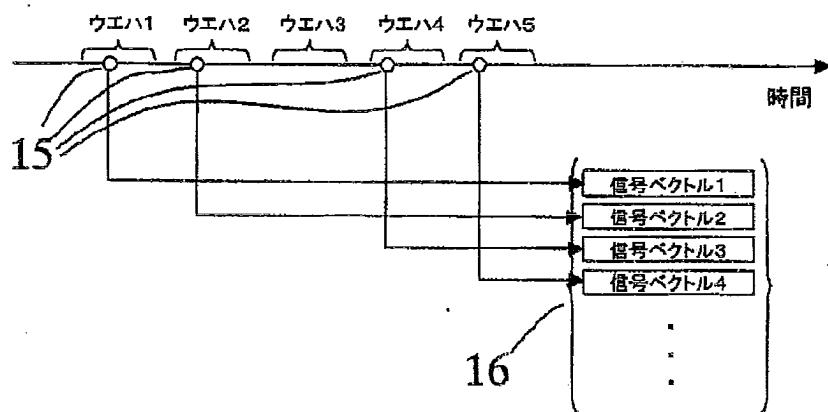


図4

【図5】

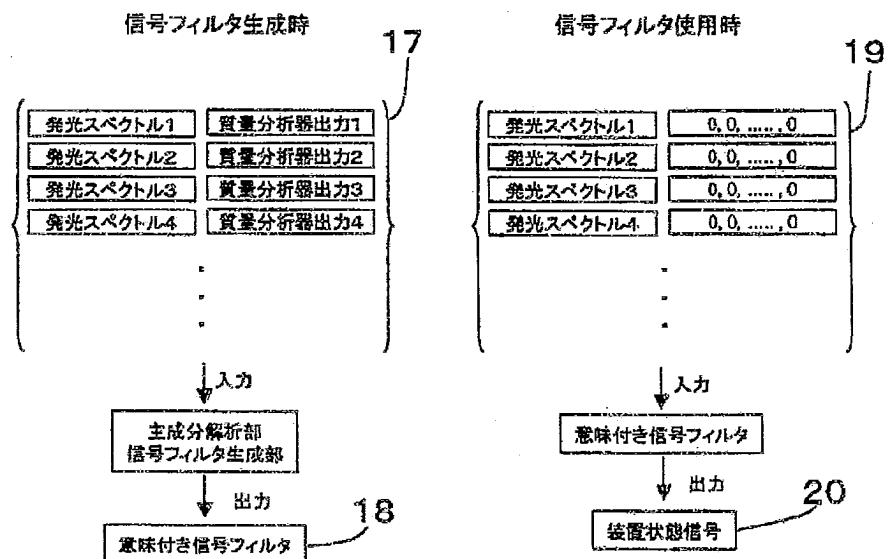


図5

【図7】

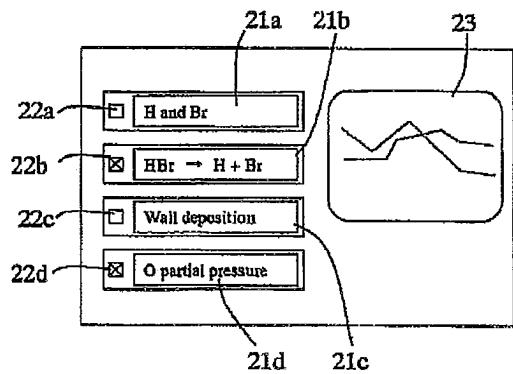


図7

【図8】

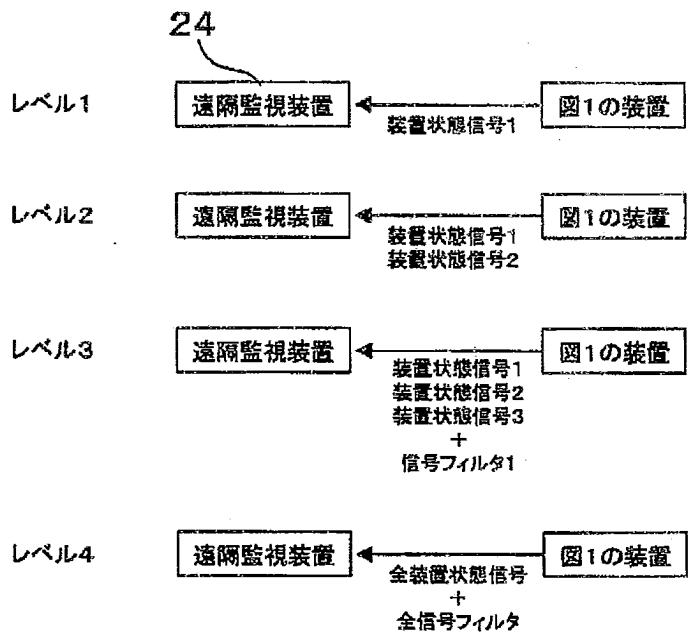


図8

【図9】

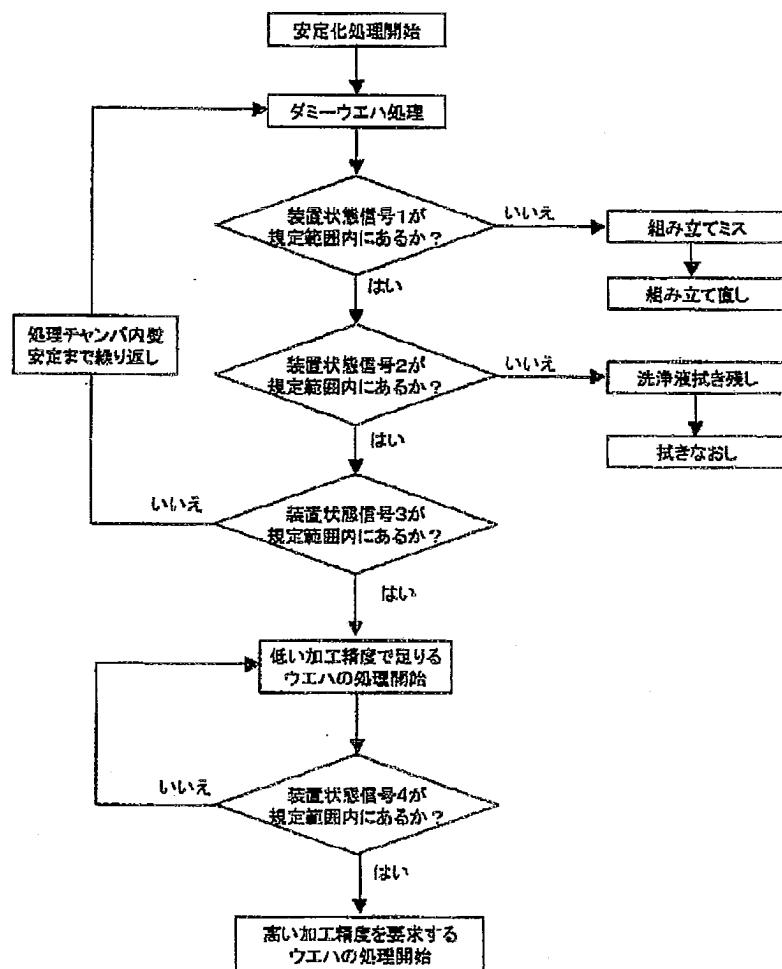


図9

フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷
H 05 H 1/46

識別記号

F I
H 01 L 21/302ヨーロッパ(参考)
E

(72) 発明者 西尾 良司
 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
 立製作所機械研究所内

(72) 発明者 菅野 誠一郎
 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
 立製作所機械研究所内

(72) 発明者 山本 秀之
 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会
 社日立製作所笠戸事業所内

Fターム(参考) 4G075 AA03 AA24 AA42 AA51 AA65
BA02 BC06 BD14 CA47 DA01
DA04 EB01 EB41 EC01 EC25
4K030 FA01 JA18 KA39 KA41
4K057 DA19 DA20 DB06 DD01 DE11
DM40
5F004 AA13 AA16 CB02 CB04 CB05
CB06 CB09 DA00 DB01

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成15年6月13日(2003.6.13)

【公開番号】特開2002-100611(P2002-100611A)

【公開日】平成14年4月5日(2002.4.5)

【年通号数】公開特許公報14-1007

【出願番号】特願2000-289303(P2000-289303)

【国際特許分類第7版】

H01L 21/3065

B01J 19/08

C23C 16/52

C23F 4/00

H05H 1/00

1/46

【F I】

H01L 21/302 E

B01J 19/08 H

C23C 16/52

C23F 4/00 A

H05H 1/00 A

1/46 A

【手続補正書】

【提出日】平成15年2月18日(2003.2.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】試料を処理する処理チャンバを有するプラズマ処理装置において、チャンバ内部の処理状態を検出し複数の出力信号を出力する状態検出手段と、信号フィルタを集めたデータベースから信号フィルタ選択手段により任意の数の信号処理フィルタを取り出して構成され任意の数の装置状態信号を生成する信号変換部とを備え、前記信号変換部において前記出力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記装置状態信号を生成することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】請求項1のプラズマ処理装置において、前記装置状態信号を入力として装置の状態を制御する機構を持つことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】請求項1のプラズマ処理装置において、プラズマ処理装置は表示器を備え、前記装置状態信号の時間変化を該表示器に表示することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】請求項1のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマの発光を波長分解す

る手段を用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】請求項1のプラズマ処理装置において、前記状態検出手段として前記プラズマを含む前記プラズマ処理装置の任意の点の電気的状態を検出する手段を用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】請求項1のプラズマ処理装置において、前記プラズマ発生手段として前記処理チャンバに電力を加える電力供給手段を有する場合に、電力の反射成分を前記状態検出手段として用いることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】請求項1のプラズマ処理装置において、前記プラズマに光信号を加える手段を有し、前記光信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項8】請求項1のプラズマ処理装置において、前記プラズマに電気的信号を加える手段を有し、前記電気的信号が前記プラズマを通過あるいは反射することにより変化した信号を検出することにより前記状態検出手段とする特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項9】請求項1のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果を主成分分析して得られた固有ベクトルとすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項10】請求項1のプラズマ処理装置において、前記信号フィルタとしていくつかの試料を処理した結果

を主成分分析して得られた固有ベクトルを複数個合成したベクトルとすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項11】請求項1のプラズマ処理装置において、いくつかの試料の処理の結果を用いて前記データベースを更新することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】処理チャンバと、前記処理チャンバに処理ガスを供給する手段と、前記処理チャンバ中にプラズマを生成する手段とを有するプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、

状態検出手段により前記チャンバ内部の処理状態を検出し複数の出力信号を出力し、信号フィルタを集めたデータベースから信号フィルタ選択手段により任意の数の信号処理フィルタを取り出して構成された信号変換部により、任意の数の装置状態信号を生成し、前記信号変換部において前記出力信号から該出力信号より少ない数の時系列を持つ前記装置状態信号を生成することを特徴とするプラズマ処理方法。